通过饲粮途径调控奶牛唾液分泌的研究进展

姜富贵[1, 2] 成海建[1, 2*] 张清峰[1, 2] 王亚芳[1, 2] 赵新华[3] 杨玉霞[4] 宋恩亮[1, 2**]

（1.山东省农业科学院畜牧兽医研究所，济南 250100；2.山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室，济南 250100；3.山东省农业科学院，济南 250100；4.德州市陵城区畜牧兽医局，德州 253000）

摘 要：亚急性瘤胃酸中毒（SARA）是奶牛上常见的营养代谢疾病，唾液分泌对瘤胃发酵产酸的中和作用是维持瘤胃稳态的重要因素，机体通过调控唾液分泌来有效预防 SARA。目前多数研究主要以咀嚼活动作为反映唾液分泌的指标，而直接评定唾液分泌的研究很少。本文对通过饲粮途径调控奶牛唾液分泌的研究进行了较全面的综述，以期为有效预防 SARA 提供参考依据。

关键词：唾液分泌；奶牛；亚急性瘤胃酸中毒

中图分类号：S823

亚急性瘤胃酸中毒（subacute rumen acidosis,SARA）是泌乳早中期奶牛常见的营养代谢疾病[1-2]。除造成巨大经济损失和引发间歇性厌食或腹泻、肝囊肿和蹄叶炎等疾病[1,3-5]外，SARA 还破坏瘤胃微生物对纤维的消化，进而降低饲料转化效率[6]。奶牛唾液分泌占流入瘤胃内液体及其缓冲体系的 70%~90%[7]，可以有效中和瘤胃发酵产酸的 30%~40%[8]。通过调控唾液分泌来有效预防 SARA 是奶牛营养的一个重要课题。

提高饲粮纤维比例是生产上预防 SARA 的有效途径之一，其理论依据是饲粮纤维提升奶牛咀嚼活动，咀嚼活动刺激唾液分泌进而中和瘤胃产酸[9]。目前多数研究以咀嚼活动作为反映唾液分泌的间接指标，咀嚼活动也被认为是评估瘤胃是否健康以及饲粮纤维是否适宜的最佳指标。物理有效中性洗涤纤维（physically effective neutral detergent fiber,peNDF）是指纤维的物理性状刺激动物咀嚼活动和建立瘤胃内容物两相分层的能力[10-11]，因其包含了饲粮

收稿日期：2017-10-29

基金项目：国家自然科学基金（31672450）资助项目

作者简介：姜富贵（1988—），男，山东泰安人，助理研究员，主要从事反刍动物营养生理研究。E-mail: fgjiang2017@163.com。

*同等贡献作者

**通信作者：宋恩亮，研究员，E-mail: enliangs@126.com

中化学意义上的中性洗涤纤维（neutral detergent fiber,NDF）含量和物理意义上的颗粒大小信息而备受关注[12]。饲粮 peNDF 对奶牛咀嚼活动和瘤胃液 pH 的影响是近几年研究的热点，但相关研究结果不尽一致，致使 peNDF 仍未成为指导奶牛饲粮配制的常规营养指标[13]。仅以咀嚼活动作为反映唾液分泌变化的指标仍值得商榷，此外唾液分泌相关信息的缺乏无法很好解释当前研究结果中存在的分歧，也限制了瘤胃内 pH 预测模型的发展[14]。

本文汇总了通过饲粮途径调控奶牛唾液分泌的文献报道，综述了唾液分泌的主要测定方法、饲粮组成对奶牛唾液分泌的影响以及咀嚼活动与唾液分泌的关系，以期为有效预防 SARA 提供新思路或参考依据。

1　奶牛唾液分泌速率的测定方法

唾液分泌速率主要由采食、反刍和休息（既不采食也不反刍）3 个阶段的唾液分泌速率决定。已有研究报道主要直接测定采食和休息过程中的唾液分泌速率，并假定采食和反刍过程中的唾液分泌速率相同，各阶段唾液分泌速率测定方法如下。

1.1　采食唾液分泌速率

奶牛在采食过程中，通过瘤胃瘘管收集奶牛吞咽食团进行采食唾液分泌速率测定[15]，测定前，将瘤胃内容物全部取出，暴露瘤胃贲门口。取出的瘤胃内容物放入黑色塑料袋中，然后立即密封并用温水进行保温，以保持瘤胃内容物中微生物的活性并降低内容物放回瘤胃后对奶牛的温度应激[16]。食团采集装置为长约 50 cm 的可弯曲金属杆，金属杆采集端连接直径为 9 cm 的金属圆环，金属圆环上套有塑料采集袋[17]。奶牛无反刍活动且平静至少 5 min 后饲喂奶牛，使用采集装置通过瘘管在贲门口处采集食团。采集过程中，应避免采集装置接触贲门口及其附近瘤胃壁，以免外部刺激影响测定的准确性[7]。连续收集 2 min 内奶牛吞咽的全部食团，间隔 5 min 后重复采集，共采集 6 次。采集过程中，记录奶牛采食量和食团的重量。采用 Maekawa 等[16]的方法计算采食过程中唾液分泌量，公式如下：

采集唾液分泌量（mL）=采集食团重量（g）-奶牛采食量（g）。

因唾液干物质（DM）含量仅为 1%，唾液自身 DM 对食团重量的影响忽略不计[18]，采食唾液分泌速率可用以下公式表示：

采食唾液分泌速率（mL/min）=采集过程中唾液分泌量（mL）/采集时间（min）。

1.2　反刍唾液分泌速率

因无法直接对反刍唾液分泌速率进行测定，多数研究均假定反刍唾液分泌速率与采食唾液分泌速率相同[16,19-21]。

1.3 休息唾液分泌速率

测定休息唾液分泌速率使用的唾液收集装置与测定采食唾液分泌速率的相同。测定前，将瘤胃内容物全部取出，暴露瘤胃贲门口。奶牛分泌的唾液以约 30 s 1 次的频率呈股状喷射流入瘤胃，待奶牛平静至少 5 min 后，利用收集装置收集 5 min 内全部唾液并记录其重量，间隔 2 min 后重复收集，共采集 4 次[16]。休息唾液分泌速率计算公式如下：

休息唾液分泌速率（mL/min）=采集过程中的全部唾液分泌量（mL）/采集时间（min）。

考虑到受瘤胃蠕动的影响，连续收集 5 min 内的全部唾液分泌难度很大且非常容易被瘤胃液污染。Jiang 等[21]在 Cassida 等[17]以及 Maekawa 等[16]的基础上对测定方法进行了优化。首先，一次尽量收集连续 2 股唾液并记录其重量，间隔 5 min 后重复收集，共采集 5 次，计算每股唾液的平均体积（mL/股）。然后，观察记录 5 min 内奶牛吞咽唾液的股数，间隔 2 min 后重复记录，共记录 5 次，计算每分钟奶牛吞咽唾液的股数（股/min）。

休息唾液分泌速率（mL/min）=每股唾液的重量（mL/股）×每分钟吞咽的股数（股/min）。

2 饲粮组成对奶牛唾液分泌的影响

2.1 唾液分泌速率

不同研究报道的奶牛采食和休息唾液分泌速率的变化范围分别为 166~246 mL/min 和 91~152.1 mL/min（表 1）。采食唾液分泌速率与休息唾液分泌速率比值的变化范围为 1.1~2.7。尽管不同研究间得到的采食和休息唾液分泌速率差距较大，但同一研究内的采食和休息唾液分泌速率不受饲粮组成及饲喂方式的影响。采食唾液分泌速率受采食速率和单位 DM 含有唾液量 2 方面因素的影响。同一研究内的不同饲粮处理，增加或降低奶牛采食速率，同时减少或增加单位 DM 含有唾液量，2 方面因素的抵消效应是造成采食唾液分泌速率不受饲粮组成（粗饲料来源、比例和颗粒大小）影响的原因[21-22]。这种抵消效应同样适用于单独饲喂奶牛精饲料或粗饲料的情况[16,22-23]。以 Maekawa 等[16]的研究结果为例，奶牛采食精饲料的速率为采食大麦青贮的 3 倍，但单位 DM 含有唾液量仅为采食大麦青贮的 26.9%，致使采食唾液分泌速率无显著变化。此外，同一研究内的休息唾液分泌速率也不受饲粮组成的影响。Cassida 等[17]报道的休息唾液分泌速率高于 Maekawa 等[16]和 Jiang 等[21]报道的值，可能的原

因为 Cassida 等[17]采用的饲粮精饲料比例较高（60%和 70%），奶牛通过增加自身休息唾液分泌量来维持瘤胃内环境的稳定。上述文献报道主要通过改变饲粮精粗比、粗饲料来源、粗饲料颗粒大小或精饲料和粗饲料分开饲喂来探究对奶牛唾液分泌的影响，但奶牛唾液分泌速率受饲粮组成及饲喂方式的影响较小。

不同研究间采食和休息唾液分泌速率存在较大差异的原因仍不清楚，除饲粮组成不同外，还可能与动物的品种、胎次或泌乳时期有关。Cassida 等[17]发现，奶牛产后 8 周的休息唾液分泌速率较产后 4 周增加 48.7%(129.8 mL/min vs.173.0 mL/min)，这也可能是泌乳早期奶牛更容易发生 SARA 的原因之一。Maekawa 等[24]和 Bowman 等[25]发现，经产牛的休息唾液分泌速率较初产牛分别增加 29.5%和 17.6%。此外，Bowman 等[25]还发现，经产牛的采食唾液分泌速率较初产牛高出 15%。

目前没有可以直接测定反刍唾液分泌速率的方法，前人的测定方法也是建立在腮腺的唾液分泌速率与总唾液分泌速率的比值在动物休息和反刍时相同的理论假设之上。基于这一假设，使用腮腺插管测定动物休息和反刍时的腮腺唾液分泌速率来估算反刍唾液分泌速率。Bailey 等[19]和 Seth 等[20]研究发现，奶牛的反刍唾液分泌速率为休息时的 2~3 倍。饲喂干草的阉牛反刍唾液分泌速率是休息时的 2.5 倍[15]。Cassida 等[17]通过对已发表数据总结分析得出，反刍唾液分泌速率与休息唾液分泌速率比值的算术平均值为 1.8。综上所述，反刍唾液分泌速率显著高于休息唾液分泌速率，与采食唾液分泌速率相近。后来的一些研究直接假定反刍唾液分泌速率与采食唾液分泌速率相同[16,21]。有关奶牛反刍唾液分泌的规律及其测定方法需要在未来进一步研究。

表 1　不同饲粮对奶牛采食和休息时唾液分泌速率的影响

Table 1　Effects of different diets on saliva secretion during eating and resting in dairy cows

参考文献 References	饲粮组成（干物质基础） Diet composition (DM basis)	采食 Eating/(g DM/min)	采食 Eating/(mL/g DM)	采食 Eating/(mL/min)	休息 Resting/(mL/min)
全混合日粮饲喂 Total mixed ration were fed					
Cassida 等[17]	30%牧草青贮:70%精饲料	56.0	3.36	188	152.1
	40%玉米青贮:60%精饲料	53.4	3.11	166	150.7
Maekawa 等[16]	40%大麦青贮:60%精饲料	76	2.97	210	105
	50%大麦青贮:50%精饲料	68	2.99	196	100
	60%大麦青贮:40%精饲料	73	3.57	246	91
Beauchemin[22]	20%苜蓿半干青贮:20%长干草:60%精饲料	53.6^b	3.71^a	199	-
	30%苜蓿半干青贮:10%长干草:60%精饲料	63.7^a	2.73^b	174	-
	20%苜蓿半干青贮:20%短干草:60%精饲料	70.6^a	2.65^b	187	-

	30%苜蓿半干青贮:10%短干草:60%精饲料	58.5^{b}	3.69^{a}	216	-
Jiang 等[21]	40%粗饲料:60%精饲料	90.5^{a}	2.14^{c}	192.4	130.7
	50%粗饲料:50%精饲料	78.0^{ab}	2.58^{bc}	197.0	128.4
	60%粗饲料:40%精饲料	68.6^{bc}	2.98^{ab}	201.2	132.9
	70%粗饲料:30%精饲料	57.0^{c}	3.44^{a}	194.6	139.6
精饲料和粗饲料分开单独饲喂 Forage and concentrate were fed separately					
Maekawa 等[16]	精饲料	199^{a}	1.19^{b}	221	107.2
	大麦青贮	63^{b}	4.43^{a}	253	107.2
Beauchemin[22]	大麦青贮	48.4^{a}	4.4^{b}	213	-
	苜蓿半干青贮	57.1^{a}	3.4^{b}	194	-
	苜蓿干草	56.8^{a}	4.0^{b}	227	-
	大麦干草	35.5^{b}	5.6^{a}	199	-
Beauchemin 等[23]	大麦青贮	53.7^{a}	4.15^{b}	223.0	-
	苜蓿青贮	56.3^{a}	3.40^{b}	191.4	-
	苜蓿干草	51.2^{a}	4.34^{b}	222.2	-
	大麦干草	29.6^{b}	7.23^{a}	213.9	-

同一试验、同列数据肩标不同字母表示显著差异（$P<0.05$）。下表同。

In the same column, values of the same study with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 唾液分泌量

奶牛全天唾液分泌总量的变化范围为 180~284 L/d，其中采食、反刍和休息过程中的唾液分泌量分别约占 24.6%、41.9%和 33.4%（表 2）。Maekawa 等[16]发现，提高饲粮粗饲料比例显著增加采食和反刍唾液分泌量，但同时显著降低了休息唾液分泌量，致使全天唾液分泌总量无显著变化。同样地，Jiang 等[21]发现采食唾液分泌量显著增加的同时，休息唾液分泌量有降低的趋势，致使唾液分泌总量无显著变化。考虑到提高饲粮粗饲料比例显著增加奶牛咀嚼时间且采食唾液分泌速率显著高于休息唾液分泌速率，但对全天唾液分泌总量无显著影响的结果十分困惑。可能的原因是，提高饲粮粗饲料比例对唾液分泌的增加量相对于全天唾液分泌总量较少，并且容易被测定方法或动物因素造成的误差所覆盖。Beauchemin[22]参考已有文献数据对唾液分泌量进行估算，采食和反刍时间采用 Beauchemin 等[26]中 2 种饲粮(30%苜蓿干草:70%精饲料；81%苜蓿干草:29%精饲料)处理下的结果，采食唾液分泌速率和休息唾液分泌速率分别采用 Maekawa 等[16]和 Cassida 等[17]的结果，反刍唾液分泌速率按休息唾液分泌速率的 1.8 倍进行估算，结果表明随饲粮粗饲料比例提高，尽管采食和反刍时间分别增加 2.2 和 1.2 h/d，采食唾液分泌量增加约 41.0%，但唾液分泌总量仅增加 8~12 L/d，采食唾液分泌量约占唾液分泌总量的 4%。此结果被 Jiang 等[21]进一步证实，饲粮粗饲料比

例由 40%增加到 70%，唾液分泌总量仅增加 16.6 L/d，采食唾液分泌量约占唾液分泌总量的 7%。综上所述，奶牛全天唾液分泌量受饲粮粗饲料比例和颗粒大小的影响较小；增加唾液分泌量进而提升瘤胃缓冲能力可能不是饲粮途径预防 SARA 的主要方式。

表 2　不同饲粮对奶牛全天唾液分泌量的影响

Table 2　Effects of different diets on daily saliva production in dairy cows　　L/d

参考文献 References	饲粮组成（干物质基础） Diet composition (DM basis)	采食 Eating	反刍 Ruminating	休息 Resting	总量 Total production
Cassida 等[17]	30%牧草青贮:70%精饲料	67.8	-	164.56	232.4
	40%玉米青贮:60%精饲料	59.1	-	161.0	220.1
Maekawa 等[16]	40%大麦青贮:60%精饲料	52	105^{ab}	73	230
	50%大麦青贮:50%精饲料	54	100^{b}	68	223
	60%大麦青贮:40%精饲料	60	143^{a}	53	255
Beauchemin[22]	30%苜蓿干草:70%精饲料 1)	55	107	111	272
	81%苜蓿干草:29%精饲料 1)	77	126	80	284
	30%苜蓿干草:70%精饲料 2)	36	71	73	180
	81%苜蓿干草:29%精饲料 2)	51	83	53	188
Jiang 等[21]	40%粗饲料:60%精饲料	53.8^{b}	79.9	98.6	232.4
	50%粗饲料:50%精饲料	62.1^{ab}	87.0	87.6	236.7
	60%粗饲料:40%精饲料	68.3^{ab}	93.4	84.6	246.3
	70%粗饲料:30%精饲料	72.7^{a}	93.6	82.7	249.0

1) 唾液分泌量参考 Cassida 等[17]的采食和休息唾液分泌速率估算。Saliva production was predicted using the value of saliva secretion rate during eating and resting in Cassida et al[17].

2) 唾液分泌量参考 Maekawa 等[16]的采食和休息唾液分泌速率估算。Saliva production was predicted using the value of saliva secretion rate during eating and resting of in Maekawa et al[16].

3　饲粮途径调控奶牛唾液分泌相关研究存在的不足

3.1　饲粮 peNDF 指标存在局限性

饲粮 peNDF 对奶牛咀嚼活动和瘤胃液 pH 的影响是研究的热点。一些研究发现，提高饲粮 peNDF 含量显著增加奶牛咀嚼活动和提升瘤胃液 pH[27-28]。而其他一些研究发现，饲粮 peNDF 含量对奶牛咀嚼活动和瘤胃液 pH 无显著影响[29-30]。各研究结果之间的分歧致使 peNDF 尚未成为指导奶牛饲粮配制的常规营养指标[13]，这可能与 peNDF 指标自身的以下局限性有关：1）不同研究间测定 peNDF 的方法不同，包括分级筛类型，分级筛孔径，堆层厚度以及计算方法。Murphy 等[31]通过比较评定饲料颗粒大小的 9 种方法发现评定结果不尽一致。2）设定的饲粮 peNDF 含量与实际饲粮 peNDF 含量存在差异。Heinrichs 等[32]证实，饲

粮的实际 peNDF 含量受全混合日粮的加工和混合工艺的影响。

3.2　唾液分泌与咀嚼活动的关系仍需进一步量化

奶牛咀嚼活动能否真实反映其唾液分泌变化的问题值得商榷。Maekawa 等[16]和 Jiang 等[21]研究发现，饲粮粗饲料比例的增加显著提升全天咀嚼（采食+反刍）时间，但不影响唾液分泌总量。此外，Maekawa 等[24]研究发现，尽管经产牛全天咀嚼时间显著高于初产牛（821 min/d vs. 720 min/d），但全天唾液分泌量仅数值上增加（252 L/d vs. 227 L/d）。Bowman 等[25]在饲粮中添加纤维素酶以及奶牛胎次对咀嚼活动和唾液分泌的影响研究中发现，奶牛全天总咀嚼时间不受饲粮的影响，但饲粮添加纤维酶组的全天唾液分泌总量显著高于对照组（不添加纤维素酶）；经产牛与初产牛之间的全天总咀嚼时间无显著差异，但全天唾液分泌总量经产牛显著高于初产牛。因此，未来研究需要进一步探讨咀嚼活动与唾液分泌的关系。

3.3　唾液分泌评定方法有待改进

受唾液测定方法的限制，有关直接测定饲粮纤维对唾液分泌影响的研究较少，仅有的几篇文献报道也是建立在奶牛全天唾液分泌速率恒定以及反刍与采食过程唾液分泌速率相同的理论假设之上。找到可靠的评定或反映奶牛唾液分泌的方法或指标对于深入认识饲粮纤维在调控瘤胃内环境中的作用意义重大。有关唾液分泌的测定方法需要在未来的研究中进一步优化和发展。

3.4　唾液自身缓冲能力需要深入研究

饲粮纤维对唾液自身缓冲能力的影响尚未有报道。唾液缓冲力的改变是否也是其调控瘤胃内环境的关键因素仍不清楚，有必要在未来研究中结合唾液分泌量，探究饲粮纤维对唾液自身缓冲能力的影响。

4　小　结

奶牛唾液分泌速率和全天唾液分泌量受饲粮粗饲料比例和颗粒大小的影响较小，可能受当前唾液分泌测定方法的限制，未来研究需要进一步量化奶牛咀嚼活动与唾液分泌之间的关系，找到更加可靠反映唾液分泌的指标或方法。

参考文献：

[1]　ENEMARK J M D.The monitoring,prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA):a review[J].The Veterinary Journal,2008,176:32–43.

[2] GARRET E F,NORDLUND K V,GOODGER W J,et al.A cross-sectional field study investigating the effect of periparturient dietary management on ruminal pH in early lactation dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1997,80(1S):169.

[3] STONE W C.Effect of subclinical rumen acidosis on milk components[C]//Proceedings Cornell Nutrition Conference of Feed Manufacturers.Rochester：[s.n.],1999:40–46.

[4] DIRKSEN G.The rumen acidosis complex-Recent knowledge and experiences (1):a review[J].Tierarztl Praxis,1985,13(4):501–512.

[5] ASCHENBACH J R,PENNER G B,STUMPFF F,et al.Ruminant nutrition symposium:role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH[J].Journal of Animal Science,2011,89(4):1092–107.

[6] OWENS F N,SECRIST D S,HILL W J,et al.Acidosis in cattle:a review[J].Journal of Animal Science,1998,76(1):275–286.

[7] KAY R N.The influence of saliva on digestion in ruminants[J].World Review of Nutrition and Dietetics,1966,6:292–325.

[8] ALLEN M S.Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber[J].Journal of Dairy Science,1997,80(7):1447–1462.

[9] MERTENS D R.Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1997,80(7):1463–1481.

[10] 杨永新,王加启.反刍动物日粮物理有效中性洗涤纤维的研究进展[J].中国畜牧兽医,2011,38(4):5–10.

[11] 俞步清,梁祥焕,张骞,等.奶牛物理有效中性洗涤纤维营养研究进展[J].中国奶牛,2011(12):18–20.

[12] 王炳,申军士,叶均安,等.奶牛日粮中物理有效中性洗涤纤维作用的研究进展[J].中国畜牧杂志,2013,49(19):91–96.

[13] ZEBELI Q,ASCHENBACH J R,TAFAJ M,et al.Invited review:role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle[J].Journal of Dairy Science,2012,95(3):1041–1056.

[14] ARGYLE J L,BALDWIN R L.Modelling of rumen water kinetics and effects of rumen pH changes[J].Journal of Dairy Science,1988,71(5):1178–1188.

[15] BAILEY C B,BALCH C C.Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. Ⅱ .The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest[J].British Journal of Nutrition,1961,15(3):383–402.

[16] MAEKAWA M,BEAUCHEMIN K A,CHRISTENSEN D A.Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities,saliva production,and ruminal pH of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2002,85(5):1165–1175.

[17] CASSIDA K A,STOKES M R.Eating and resting salivation in early lactation dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1986,69(5):1282–1292.

[18] BAILEY C B,BALCH C C.Saliva secretion and its relation to feeding in cattle.3.The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating,with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva[J].The British Journal of Nutrition,1961,15(3):443–451.

[19] BAILEY C B,BALCH C C.Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. Ⅰ .The composition and rate of secretion of parotid saliva in a small steer[J].The British Journal of Nutrition,1961,15:371–382.

[20] SETH O N,RAI G S,YADAV P C,et al.Effect of diet and rumination on the rate of secretion and chemical composition of parotid saliva of *Bubalus bubalis* and *Bos indicus*[J].Indian Journal of Animal Science,1977,44:717–724.

[21] JIANG F G,LIN X Y,YAN Z G,et al.Effect of dietary roughage level on chewing activity,ruminal pH,and saliva secretion in lactating Holstein cows[J].Journal of Dairy Science,2017,100(4):2660–2671.

[22] BEAUCHEMIN K A.Managing rumen fermentation in barley based diets:Balance between high production and acidosis[J].Advance in Dairy Technology,2000,12:109–125.

[23] BEAUCHEMIN K A,ERIKSEN L,NØRGAARD P,et al.*Short communication*:salivary secretion during meals in lactating dairy cattle[J].Journal of Dairy Science,2008,91(5):2077–2081.

[24] MAEKAWA M,BEAUCHEMIN K A,CHRISTENSEN D A.Chewing activity,saliva

production,and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2002,85(5):1176–1182.

[25] BOWMAN G R,BEAUCHEMIN K A,SHELFORD J A.Fibrolytic enzymes and parity effects on feeding behavior,salivation,and ruminal pH of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(2):565–575.

[26] BEAUCHEMIN K A,FARR B I,RODE L M,et al.Optimal neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1994,77(4):1013–1029.

[27] YANG W Z,BEAUCHEMIN K A.Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length:chewing and ruminal pH[J].Journal of Dairy Science,2009,92(4):1603–1615.

[28] KMICIKEWYCZ A D,HEINRICHS A J.Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets[J].Journal of Dairy Science,2015,98(1):373–385.

[29] YANG W Z,BEAUCHEMIN K A.Effects of physically effective fiber on chewing activity and rumen pH of dairy cows fed diets based on barley silage[J].Journal of Dairy Science,2006,89(1):217–228.

[30] MAULFAIR D D,HEINRICHS A J.Effects of varying forage particle size and fermentable carbohydrates on feed sorting,ruminal fermentation,and milk and component yields of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2013,96(5):3085–3097.

[31] MURPHY M R,ZHU J S.A comparison of methods to analyze particle size as applied to alfalfa haylage,corn silage,and concentrate mix[J].Journal of Dairy Science,1997,80(11):2932–2938.

[32] HEINRICHS A J,BUCKMASTER D R,LAMMERS B P.Processing,mixing,and particle size reduction of forages for dairy cattle[J].Journal of Animal Science,1999,77(1):180–186.

Recent Advances on Regulation of Saliva Secretion by Dietary Pathway in Dairy Cow

JIANG Fugui[1,2] CHENG Haijian[1,2*] ZHANG Qingfeng[1,2] WANG Yafang[1,2]

ZHAO Xinhua[3] YANG Yuxia[4] SONG Enliang[1,2**]

(1. *Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences*, *Jinan* 250100, *China*; 2. *Shandong Key Laboratory of Animal Disease Control and Breeding*, *Jinan* 250100, *China*; 3. *Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan* 250100, *China*; 4. *Animal Husbandry and Veterinary Bureau of Lingcheng District*, *Dezhou* 253000, *China*)

Abstract: Subacute ruminal acidosis (SARA) is a prevalent metabolic disorder in dairy cows. The neutralization of salivary secretion on ruminal acid production is an important way of maintaining rumen health. The regulation of saliva secretion by body is an effective method for prevention of SARA. Most studies mainly used chewing activity as an indicator of evaluating salivary secretion, few studies evaluated the saliva secretion directly. Recent studies on regulation of saliva secretion by dietary pathway were reviewed in this paper for the purpose of providing references for prevention of SARA.

Key words: saliva secretion； dairy cow； subacute ruminal acidosis

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: enliangs@126.com (责任编辑 王智航)